

PRUEBA PILOTO PARA LA EVALUACIÓN DE MUTAG EN EL TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES PROVENIENTES DEL SECTOR DE HIDROCARBUROS

PILOT TEST FOR MUTAG EVALUATION IN TREATMENT OF WASTEWATER FROM THE HYDROCARBONS SECTOR



¹ Jenifer Giraldo Toro,
² González Rodríguez Hernando,
³ Francly Méndez Casallas

^{1,2,3}Programa Ingeniería Ambiental y Sanitaria, Facultad de Ingeniería,
Universidad de la Salle, Bogotá, Colombia

Recibido: 04/02/2019 Aprobado 07/03/2019

RESUMEN

Las actividades productivas llevadas a cabo por las estaciones de servicios en el país son las principales generadoras de contaminación por hidrocarburos, produciendo pérdidas económicas para el proceso y daños irreparables en el medio ambiente, lo que genera un interés hacia el desarrollo de nuevas alternativas para el tratamiento de este tipo de aguas residuales de tipo industrial, no sólo para las estaciones de servicio, como directamente beneficiadas por la inclusión de estas tecnologías en su proceso de distribución, sino también para los ecosistemas que son los que reciben las descargas de estos vertimientos. El objetivo del estudio fue evaluar la viabilidad del uso del Mutag mediante una prueba piloto a escala de laboratorio usando un reactor mezcla completa tipo batch para el tratamiento de aguas provenientes del sector de hidrocarburos monitoreando fenoles, grasas y aceites como parámetros de seguimiento; la prueba consistió en un montaje con dos reactores, uno con Mutag y otro sin Mutag, la bioaumentación se realizó con los microorganismos presentes en la muestra, donde se resalta la presencia de *Pseudomonas* sp. Los porcentajes de degradación obtenidos para el reactor con Mutag fueron 32.4 %, para grasas y aceites y 23.9 % para fenoles; en el caso del reactor con Mutag los porcentajes fueron de 42 % y 67 % respectivamente, lo que fortalece la idea de un tratamiento biológico con una matriz de soporte como este biopolímero evaluado, ya que garantiza una actividad metabólica de los microorganismos y así mismo alta transferencia de masa (Bidinger, Dzedzig, Geiger, & Rauch, 2011).

Palabras claves: Tratamiento aguas residuales, degradación biológica, Mutag, Reactores lecho móvil.

¹ fmendez@unisalle.edu.co, orcid.org/0000-0003-4299-6785

² hgonzalez38@unisalle.edu.co, orcid.org/0000-0002-0352-5879

³ fmendez@unisalle.edu.co, orcid.org/0000-0003-4299-6785

ABSTRACT

*The productive activities carried out by service stations in the country, are the main generators of hydrocarbon pollution, producing economic losses for the process and irreparable damage to the environment. This fact generates an interest in development of new alternatives for treatment of this type of industrial wastewater, not only for service stations as directly benefited by inclusion of these technologies in their process of distribution, but also for the ecosystems that receive the downloads of these discharges. The objective of the study was to evaluate the feasibility of using the Mutag through a laboratory-scale pilot test, using a batch-type full mix reactor for the treatment of water from the hydrocarbons sector by monitoring phenols, fats and oils as follow-up parameters; the evidence consisted in an assembly with two reactors, one with Mutag and another without Mutag; bioaugmentation was performed with the microorganisms present in the sample, where the presence of *Pseudomonas sp* is highlighted. Degradation rates obtained for the Mutag reactor were 32.4% for fats and oils and 23.9 % for phenols; in the case of the reactor without Mutag the percentages were 42% and 67% respectively, which strengthens the idea of a biological treatment with a support matrix such as this evaluated biopolymer, as it guarantees a metabolic activity of microorganisms and also high mass transfer (Bidinger, Dzedzig, Geiger, & Rauch, 2011).*

Keywords: biological degradation, mobile bed reactors, mutag, wastewater treatment.



1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, la contaminación del recurso hídrico, ocasionado por el sector de hidrocarburos, es significativa para los ecosistemas, debido a la dificultad que existe para la degradación de los contaminantes que se originan debido a estas actividades productivas (Larrea Urcola, Abad Alba, Larrea Urcola & Zalakain Bengoa, 2004). Hay consecuencias ambientales que se desencadenan debido a la inexistencia de tecnologías que permitan el adecuado tratamiento de las aguas residuales de tipo industrial (Bassin, J. P., Dias, I.N., Cao, S. M. S., Senra, E., Laranjeira, Y. & Dezotti, M. (2016)) algunas de ellas ocasionadas por cambios en las dinámicas de las poblaciones de fauna y los microorganismos presentes en el agua contaminada (Nguyen D.T. & Nguyen T.P. (2018)(Pucci, G., Acuña, A., Tonin, N., Tiedemann, M. & Pucci, (2010). Dentro de los procesos biológicos que pueden ser aplicados para el tratamiento de este tipo de aguas, se resaltan los procesos aerobios y anaerobios, debido a que son ampliamente utilizados en diferentes plantas de tratamiento alrededor del mundo (Bengston, 2017) (Zupanc, M.,

Kosjek, T., Petkovšek, M., Dulard, M., Kompare, B., Širok, B., Blažeka, Z. & Heath, E. (2013)..) Dentro de cada grupo hay, además, diferentes tipos, dependiendo si el proceso de crecimiento biológico (Quan, T. H., Gogina, E. & Quang, T. V. (2018) es suspendido, adherido a una superficie o combinado (Nguyen D.T. & Nguyen T.P. (2018) El tratamiento biológico de aguas residuales supone la remoción de contaminantes mediante la actividad biológica (Nguyen D.T. & Nguyen T.P. (2018). Esta se aprovecha principalmente para remover sustancias orgánicas biodegradables, coloidales o disueltas, del agua residual mediante la conversión en gases y en biomasa extraíble mediante sedimentación (Romero, 2010). Los tratamientos biológicos aerobios son procesos en los cuales los microorganismos realizan la oxidación de contaminantes utilizando oxígeno. Normalmente las bacterias son los microorganismos más importantes en el tratamiento aerobio y son excelentes degradadores de materia orgánica (Alba Torres, N. & Araujo Estrada, F. L. (2008)) (Bidinger, S. C., Dzedzig, B., Geiger, M. & Rauch, B. (2010)).

La degradación biológica aerobia está constituida por reacciones de oxidación biológica en las cuales el oxígeno es la fuente de energía necesaria para el crecimiento microbiano y el proceso anaerobio o fermentación se puede definir como la existencia de vida en ausencia de oxígeno (Romero, 2010).

Las grasas y aceites, debido a su composición y distribución en la superficie del agua impiden la oxigenación debido a que obstaculizan el contacto entre el aire y el agua (Jiménez, S. (2012) lo que disminuye el oxígeno disuelto y por el contrario incrementan la radiación solar que es absorbida por este medio, generando afectaciones en la actividad fotosintética de los ecosistemas acuáticos; esto ocasiona alteraciones en los procesos biológicos que se desarrollan en el agua (Alba Torres, N. & Araujo Estrada, F. L. (2008)) . Las formaciones de capas de aceites en la superficie del agua, generan la destrucción de algas y plancton.

Además de ello, los aceites y grasas pueden tener un efecto tóxico sobre estos ecosistemas, afectando la fauna y flora acuática. El objetivo del presente estudio consistió en la evaluación del uso del Mutag (Bidinger, S. C., Dzedzig, B., Geiger, M. & Rauch, B. (2010) mediante una prueba piloto a escala de laboratorio, usando un reactor mezcla completa tipo batch para el tratamiento de aguas provenientes del sector de hidrocarburos, partiendo del aislamiento y caracterización de microorganismos presentes, actividad degradadora para aguas residuales y mediante un proceso de bioaumentación evaluar la eficiencia del uso del Mutag como medio inmovilizador (MacQuarrie, J. P., & Boltz, J. P. (2011) en la degradación de fenoles, grasas y aceites como parámetros indicadores de carga contaminante en el agua.

2. METODOLOGÍA

2.1 Aislamiento y caracterización de microorganismos con potencial actividad degradadora

Para el aislamiento de microorganismos se realizó inicialmente bioaumentación, colocando 50mL

de muestra en 450 mL de agua peptonada, posteriormente se colocó en un agitador orbital termostataado a 37° C y 120 rpm durante 7 días; posteriormente se realizó la siembra de los microorganismos en agar nutritivo, en diluciones de 10^{-1} hasta 10^{-7} incubando a 37° C durante 24 horas y luego recuento de mesófilos totales. Para la caracterización bacteriológica se usaron pruebas bioquímicas y medios de cultivo selectivos y diferenciales (Encinas, A., 2014.).

2.2. Prueba piloto evaluación de la eficiencia del Mutag como alternativa de tratamiento para la degradación de fenoles, grasas y aceites

Los dos reactores, con Mutag (Geiger, M. (2017)) y sin Mutag fueron montados con aguas residuales provenientes de una estación de servicio posterior a la bioaumentación. El volumen efectivo de trabajo fue de 2 L en cada caso, se colocaron en agitador termostataado durante 7 días a 120 rpm y a 37°C. Adicionalmente se tomaron 5 frascos schoot para el monitoreo de grasas y aceites y 5 tubos falcon de 50ml para el monitoreo de fenoles y la medición de densidad óptica para evaluar el crecimiento de los microorganismos en cada monitoreo. El monitoreo se realizó durante 7 días. Para el caso del reactor con Mutag se agregó 15 % de Mutag, el 30 % de inóculo y el 70 % de muestra de agua residual. El oxígeno requerido para el desarrollo adecuado de los microorganismos osciló entre 2 y 3 mg/L. Se realizó el monitoreo del reactor durante 7 días para los parámetros de fenoles, grasas y aceites.

3. RESULTADOS

El agua residual fue tomada después de la trampa de grasas de una estación de servicio; la muestra fue trasladada al Centro Tecnológico de Ambiente y Sostenibilidad (CTAS) de la Universidad de La Salle, donde se realizaron las pruebas de caracterización de los parámetros establecidos en la Resolución 0631 de 2015.

TABLA 1.

Caracterización inicial de la muestra de agua residual proveniente de la estación de servicio

Parámetro	Resultados
Grasas y aceites	141 Mg/l
Fenoles	17 Mg/l
Dbo	486 Mg/l
Dqo	1177 Mg/l
Nitrógeno total	17 Mg/l
Fósforo	1,79 Mg/l
pH	7,47

Fuente: autores

El resultado de mesófilos totales tras 2 semanas de bioaumentación fue de 21×10^8 UFC/mL.

3.1. Aislamiento y caracterización

Se caracterizaron *Pseudomonas aeruginosa*, *E. coli* y *Raoultella ornithinolytica*. El primer género está ampliamente reportado como microorganismo degradador de hidrocarburos, el segundo es indicador de calidad de aguas y el último tiene relación directa con la presencia de roedores.

3.2. Prueba piloto evaluación de la eficiencia del Mutag como alternativa de tratamiento para la degradación de fenoles, grasas y aceites

La obtención de la eficiencia de remoción de los microorganismos presentes en el agua residual, se realizó mediante medición diaria de los parámetros de interés del presente proyecto (fenoles, grasas y aceites) (Gil, M. (2019), por un tiempo de 7 días. Los resultados de las tablas 2 y 3 corresponden al reactor sin Mutag.

TABLA 2.

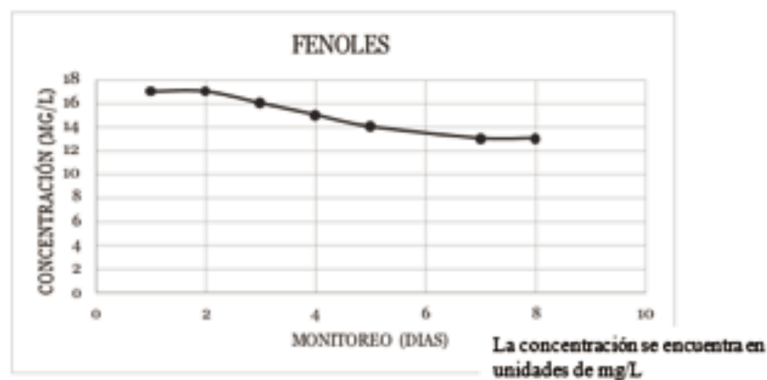
Resultados monitoreo parámetros fenoles, grasas y aceites reactor sin mutag

Monitoreo	Fenoles	Grasas y aceites
1	17 mg/L	141 mg/L
2	17 mg/L	136 mg/L
3	16 mg/L	121,8 mg/L
4	15 mg/L	110 mg/L
5	14 mg/L	100,5 mg/L
6	13 mg/L	98,3 mg/L
7	13 mg/L	95,3 mg/L

Fuente: autores

La siguiente figura muestra los resultados de remoción de fenoles en el reactor sin Mutag y se evidencia un decaimiento desde el día 2.

Gráfica decaimiento de la concentración de fenoles en el tiempo

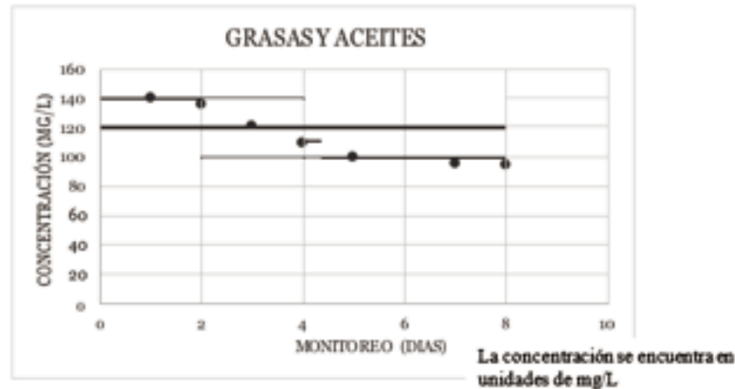


Fuente: autores

Fig. 1. Fenoles

Para el caso de las grasas y aceites se observa una disminución a partir del día 2 donde la concentración de grasas

y aceites es cercana a 130 mg/L. El valor de remoción para fenoles fue de 23,5% y 32,4% para grasas y aceites.



Fuente: autores

Fig. 2. Grasas y aceites

Para el caso de reactor con Mutag se observan los siguientes resultados para el monitoreo de fenoles y grasas y aceites.

TABLA 3

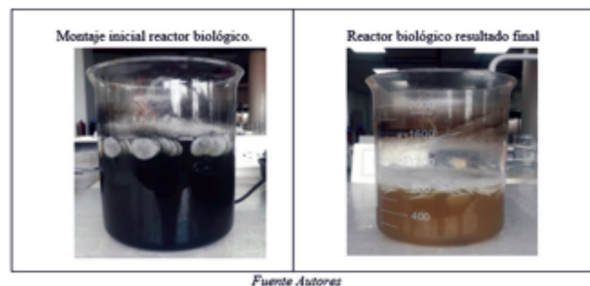
Resultados monitoreo parámetros fenoles, grasas y aceites reactor con mutag

Monitoreo	Fenoles	Grasas y aceites
1	17 mg/L	141 mg/L
2	17 mg/L	121 mg/L
3	16 mg/L	90,5 mg/L
4	15 mg/L	82,5 mg/L
5	14 mg/L	73,3 mg/L
6	13 mg/L	64 mg/L
7	13 mg/L	54,8 mg/L

Fuente: autores

Las imágenes permiten visualizar el día inicial y final del tratamiento en el reactor con Mutag.

Los porcentajes de degradación de fenoles fue del 42% y 67% para grasas y aceites lo que permite afirmar que la utilización del Mutag como medio de soporte aumenta el porcentaje de degradación biológica (Gil, M. (2019) de los dos parámetros seleccionados para el monitoreo durante el presente estudio.



Fuente Autores

Fig. 3. Montaje inicial y final del reactor biológico

La siguiente figura muestra el decaimiento en la concentración de fenoles a partir del día 2 con un valor óptimo de degradación en el día 6.

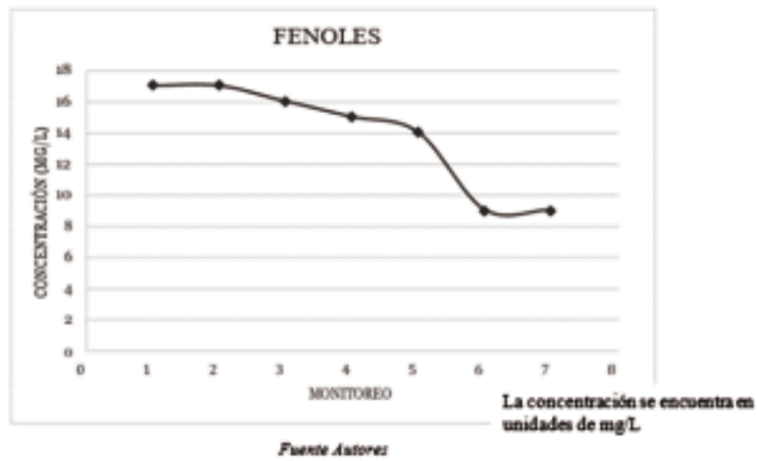


Fig. 4. Fenoles

Gráfica decaimiento de la concentración de fenoles en el tiempo

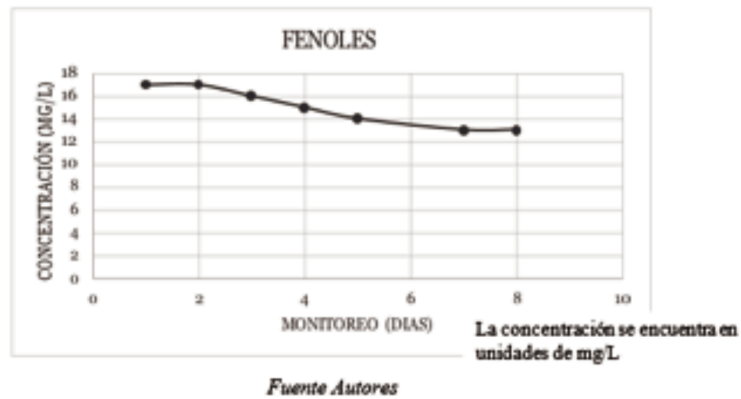


Fig. 5. Decaimiento de fenoles en el tiempo

Para el caso de las grasas y aceites la degradación es significativa a partir del día 2.

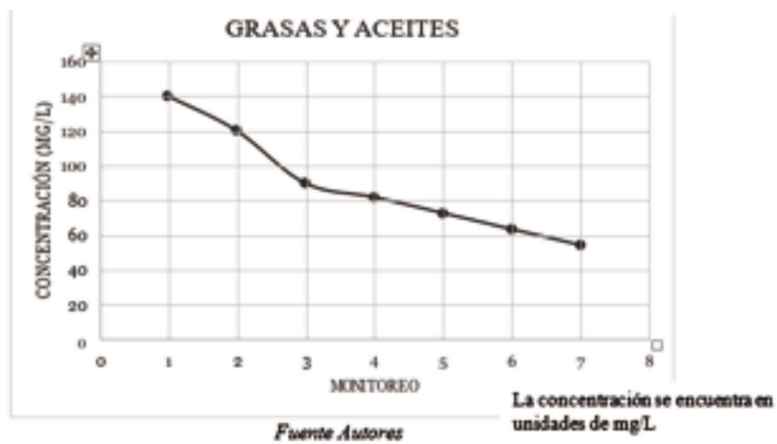


Fig. 6. Grasas y aceites

Las siguientes figuras permiten comparar los porcentajes obtenidos en el sistema con Mutag y sin Mutag frente a los parámetros escogidos para el monitoreo.

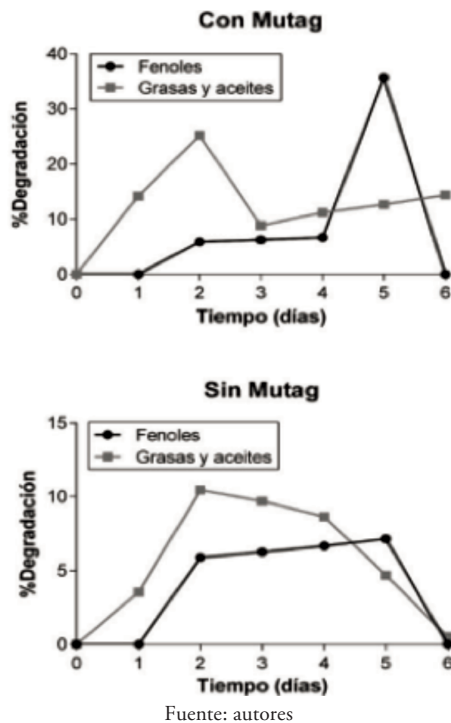


Fig. 7. Con Mutag sin Mutag

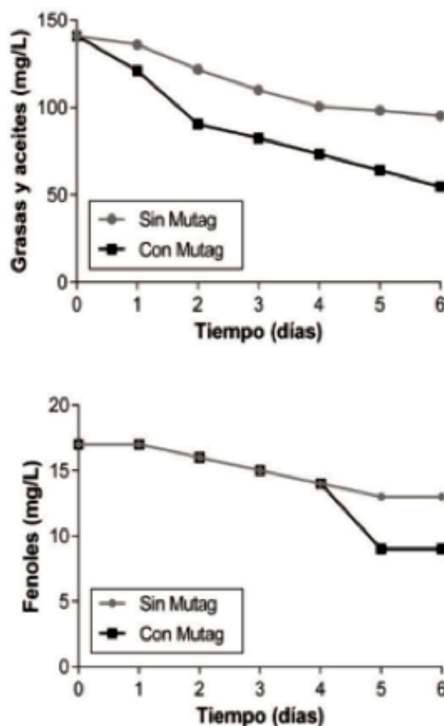


Fig. 8. Grasas, acetos y fenoles con Mutag y sin Mutag

En el caso de los resultados observados para el reactor con Mutag los porcentajes de degradación son más altos para fenoles, grasas y aceites (Castro Varela, G. (2007). El reactor con Mutag presentó dos veces mayor eficiencia de remoción de los contaminantes de interés que el reactor sin Mutag.

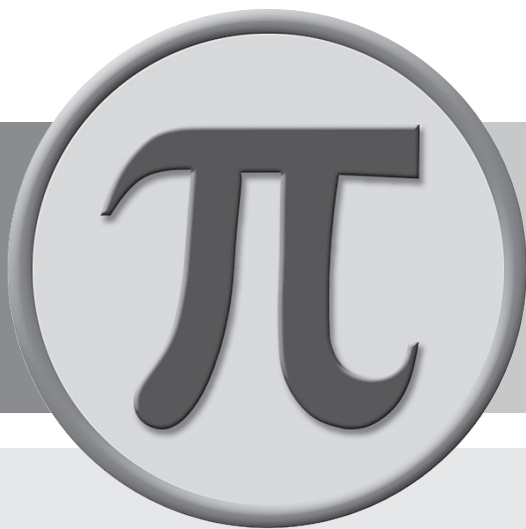
El resultado de la prueba piloto indica que el reactor biológico de mezcla completa (García F. & Gutiérrez, D. (2018)), utilizando Mutag como alternativa de tratamiento primario, es una alternativa biológicamente interesante. pero que requiere un tratamiento previo (MacQuarrie, J. P., & Boltz, J. P. (2011) que garantice una reducción de los sólidos suspendidos; esto puede lograrse al mejorar el diseño de la trampa de grasas (Gil, M. (2019). así como también un mejor control de vectores como los relacionados con la presencia de *Raoultella ornithinolytica*, bacteria de importancia clínica (Rodríguez-Heredia, D. & Santana-Gómez, M. (2017)) que probablemente exista en una red de conducción de agua residual de tipo industrial errada que recoge el agua de las bahías de servicio y por ende, una contribución de aguas residuales adicionales al caudal para el que fue diseñado el sistema.

CONCLUSIONES

El tratamiento biológico secundario para aguas residuales provenientes de la estación de servicio, no cumplió con los valores establecidos en la reglamentación vigente, lo que hace necesario buscar alternativas biológicas que disminuyan las cargas contaminantes; sin embargo, a pesar de los porcentajes de degradación biológica obtenidos en el presente estudio, los porcentajes si son más altos de los obtenidos por métodos químicos o físicos. El aislamiento de *Pseudomonas* genera una perspectiva muy interesante para su uso como degradador biológico en este tipo de aguas, y, el aumento de la biomasa bacteriana de esta bacteria se ve favorecida bajo el ambiente establecido en el reactor, debido a que los desechos orgánicos tienden a incrementar su reproducción (Orozco, 2014).

REFERENCIAS

- Alba Torres, N. & Araujo Estrada, F. L. (2008). Evaluación de los desinfectantes utilizados en el proceso de limpieza y desinfección del área de fitoterapéuticos en laboratorios Pronabell Ltda. Tesis de grado, Facultad de Ciencias. Pontificia Universidad Javeriana: Bogotá.
- Bassin, J. P., Dias, I.N., Cao, S. M. S., Senra, E., Laranjeira, Y. & Dezotti, M. (2016). Effect of increasing organic loading rates on the performance of moving-bed biofilm reactors filled with different support media: Assessing the activity of suspended and attached biomass fractions. *Process Safety and Environmental Protection*, 100, 131-141.
- Bengston, H. (2017). *Biological Wastewater Treatment Process Design Calculation* (2 ed.). Illinois: Independently published
- Bidinger, S. C., Dzedzig, B., Geiger, M., & Rauch, B. (2011). Culture media: New carrier aids biological sewage water treatment. *Filtration and Separation*, 48(3), 28-30. DOI:10.1016/S0015-1882(11)70119-7
- Bidinger, S. C., Dzedzig, B., Geiger, M. & Rauch, B. (2010). The mutag BioChip™, the support material for the biological wastewater treatment. [Der Mutag BioChip™, das Trägermaterial für die Biologische Abwasserreinigung] *GWF Wasser - Abwasser*, 151(9), 810-813.
- Castro Varela, G. (2007). Informe final. Diseño monitoreo frente derrames de hidrocarburos. Quillota: Gobierno de Chile / Prasa. Recuperado de: https://www.sag.gob.cl/sites/default/files/INFORME_FINAL_ASESORIA_SAG_HCS2.pdf
- Chip, M. B. (2015). CHIP-tuning for biological wastewater treatment plants. *Filtration and Separation*, 52(1), 15-17. DOI:10.1016/S0015-1882(15)30034-3
- Encinas, A. (2014, junio). Instrucciones de uso - medios en placa listos para usar bd mac conkey ii agar uso previsto. Recuperado de: https://www.academia.edu/37740638/instrucciones_de_uso_medios_en_placa_listos_para_usar_bd_macconkey_ii_agar_uso_previsto
- García F. & Gutiérrez, D. (2018). Diseño y operación de un reactor de lecho móvil aerobio para tratamiento de agua residual doméstica. Facultad de Ingeniería, tesis de grado. Universidad Militar Nueva Granada: Bogotá. Recuperado de: <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/18000/GarciaNathalia%2CGuti%C3%A9rrezDaniela%2C2018.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Geiger, M. (2017). Stable ANAMMOX process through mutag BioChip 25™ biofilm technology. [Stabiler ANAMMOX-Prozess durch Mutag BioChip 25™-Biofilmmtechnologie] *GWF Wasser - Abwasser*, 158(3), 79-80.
- Jiménez, S. (2012). Estudio teórico para el control de la contaminación por grasas y aceites generada por la actividad industrial, doméstica y de servicios. Tesis de grado, Escuela superior de ingeniería química e industrias extractivas. Instituto Politécnico Nacional: México D.F. Recuperado de: <https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/18479/1/25-1-16898.pdf>
- Larrea Urcola, L., Abad Alba, A., Larrea Urcola, A. & Zalakain Bengoa, G. (2004). Ventajas y aplicaciones de la tecnología de lecho móvil en aguas residuales urbanas e industriales. *Tecnología del agua*, 24(255), 30-37.
- MacQuarrie, J. P., & Boltz, J. P. (2011). Moving Bed Biofilm Reactor Technology: Process Applications, Design, and performance. *Water Environment Research*, 83(6), 560-575.
- Muri, P., Marinšek-Logar, R., Djinović, P., & Pintar, A. (2018). Influence of support materials on continuous hydrogen production in anaerobic packed-bed reactor with immobilized hydrogen producing bacteria at acidic conditions. *Enzyme and Microbial Technology*, 111, 87-96. DOI: 10.1016/j.enzmictec.2017.10.008
- Nguyen D.T. & Nguyen T.P. (2018) Treatment of Slaughterhouse Wastewater by Intermittent Cycle Extended Aeration System (ICEAS). In: Tran-Nguyen, H. H., Wong, H., Ragueneau, F., Ha-Minh, C. (Eds.). *Proceedings of the 4th Congrès International de Géotechnique - Ouvrages - Structures*. CIGOS 2017. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 8. Singapore: Springer. DOI: 10.1007/978-981-10-6713-6_108
- Orozco Jaramillo, A. (2014). *Bioingeniería de aguas residuales*. Bogotá: Acodal.
- Pucci, G., Acuña, A., Tonin, N., Tiedemann, M. & Pucci, O. (2010). Diversidad de bacterias cultivables con capacidad de degradar hidrocarburos de la playa de Caleta Córdova, Argentina. *Revista Peruana de Biología*, 17(2): 237 - 244 Recuperado de: <http://www.scielo.org.pe/pdf/rpb/v17n2/a15v17n2.pdf>
- Quan, T. H., Gogina, E. & Quang, T. V. (2018). The biological treatment of laboratory SBR model with biofilm. *MATEC Web of Conferences*, 251, Recuperado de: https://www.matec-conferences.org/articles/mateconf/abs/2018/110/mateconf_ipicse2018_03029/mateconf_ipicse2018_03029.html
- Rodríguez-Heredia, D. & Santana-Gómez, M. (2017). Evaluación de la contaminación por grasas y aceites en balnearios de la Bahía de Santiago de Cuba. *Tecnología Química*, 37(2), 339-348. Recuperado de: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2224-61852017000200014&lng=es&nrm=iso
- Romero, J. A. (2010). *Tratamiento de aguas residuales, Teoría y principios de diseño*. Bogotá: Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería.
- Zupanc, M., Kosjek, T., Petkovšek, M., Dulard, M., Kompare, B., Širok, B., Blažeka, Z. & Heath, E. (2013). Removal of pharmaceuticals from wastewater by biological processes, hydrodynamic cavitation and UV treatment. *Ultrasonics Sonochemistry*, 20(4), 1104-1112. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2012.12.003



**Revista Especializada
en Tecnología
e Ingeniería**

